

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2000054071 A**

(43) Date of publication of application: **22 . 02 . 00**

(51) Int. Cl.

C22C 38/00

C21D 9/46

C22C 38/06

C22C 38/54

(21) Application number: **10215346**

(22) Date of filing: **30 . 07 . 98**

(71) Applicant: **KAWASAKI STEEL CORP**

(72) Inventor: **TOSAKA AKIO
YAMADA NOBUO
UCHIYAMA TAKAO**

(54) **HOT ROLLED THIN STEEL SHEET AND ITS PRODUCTION**

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a thin, wide steel sheet substitutable for a cold rolled steel sheet by specifying respective contents of C, Si, Mn, P, S, Al, and N in a steel composition, forming a part of N into a state of solid solution, and also controlling hot rolling conditions.

SOLUTION: A steel, having a chemical composition consisting of, by weight, $\leq 0.10\%$ C, $\leq 0.10\%$ Si, $\leq 0.8\%$ Mn, $\leq 0.04\%$ P, $\leq 0.02\%$ S, $\leq 0.150\%$ Al, 0.0050-0.0200% N, and the balance Fe with inevitable impurities, is used, and further, N in a state of solid solution is

allowed to exist by $\leq 0.0030\%$. A slab of steel with this composition is heated to $\leq 1000^\circ\text{C}$ and hot rolled to ≤ 1.4 mm sheet thickness under the condition of $\leq 800^\circ\text{C}$ finish rolling delivery side temperature. Cooling is started within 2 sec after the completion of finish rolling, and the resultant steel sheet is coiled at $\leq 400^\circ\text{C}$. By this method, the hot rolled steel sheet having ≤ 340 MPa tensile strength TS can be obtained. As to the inevitable impurities in the steel composition, it is preferable to control the total content of Cu, Ni, Cr, and Mo and also the total content of Nb, Ti, V, and B to $\leq 0.2\%$ and to $\leq 0.01\%$, respectively.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-54071

(P2000-54071A)

(43) 公開日 平成12年2月22日 (2000.2.22)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
C 2 2 C 38/00	3 0 1	C 2 2 C 38/00	3 0 1 W 4 K 0 3 7
C 2 1 D 9/46		C 2 1 D 9/46	S
C 2 2 C 38/06		C 2 2 C 38/06	
38/54		38/54	

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平10-215346

(22) 出願日 平成10年7月30日 (1998.7.30)

(71) 出願人 000001258

川崎製鉄株式会社

兵庫県神戸市中央区北本町通1丁目1番28号

(72) 発明者 登坂 章男

千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究所内

(72) 発明者 山田 信男

千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究所内

(74) 代理人 100059258

弁理士 杉村 暁秀 (外8名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 薄物熱延鋼板およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 冷延鋼板の代替となり得る、薄物で広幅の熱延鋼板を提供する。

【解決手段】

C : 0.10wt%以下、 Si : 0.10wt%以下、
Mn : 0.8 wt%以下、 P : 0.04wt%以下、
S : 0.02wt%以下、 Al : 0.150 wt%以下、
N : 0.0050~0.0200wt%でかつ、固溶状態としてのNが
0.0030wt%以上
を含有し、残部はFeおよび不可避免の不純物の組成になる
熱延鋼板であって、板厚を1.4mm以下、TSを340 MPa
以上とする。

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 C : 0.10wt% 以下、

Si : 0.10wt% 以下、

Mn : 0.8 wt% 以下、

P : 0.04wt% 以下、

S : 0.02wt% 以下、

Al : 0.150 wt% 以下、

N : 0.0050~0.0200wt% でかつ、固溶状態としての N が 0.0030wt% 以上を含有し、残部は Fe および不可避免的な不純物の組成になり、板厚が 1.4mm 以下で、TS が 340 MPa 以上であることを特徴とする薄物熱延鋼板。

【請求項 2】 請求項 1 において、不可避免的な不純物元素のうち

Cu, Ni, Cr, Mo を合計で 0.2wt% 以下、

Nb, Ti, V, B を合計で 0.01wt% 以下

に抑制したことを特徴とする薄物熱延鋼板。

【請求項 3】 C : 0.10wt% 以下、

Si : 0.10wt% 以下、

Mn : 0.8 wt% 以下、

P : 0.04wt% 以下、

S : 0.02wt% 以下、

Al : 0.150 wt% 以下、

N : 0.0050~0.0200wt% を含み、残部は Fe および不可避免的な不純物の組成になる鋼スラブを、1000℃ 以上に加熱したのち、仕上げ圧延出側温度 : 800℃ 以上の条件下で板厚 : 1.4 mm 以下に熱間圧延し、仕上げ圧延終了後 2 秒以内に冷却を開始して、400℃ 以上の温度で巻取することを特徴とする薄物熱延鋼板の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、薄物熱延鋼板およびその製造方法に関し、とくに従来は熱延での製造が困難ということで冷延鋼板が適用されていた、板厚が 1.4 mm 以下程度の薄物広幅部材について、冷延鋼板の代替としての使用を可能ならしめようとするものである。本発明の熱延鋼板は、用途的には、ロールフォーミングによってパイプに成形されるような比較的軽加工の用途に供して好適なものである。

【0002】

【従来の技術】 薄物の鋼板は、種々の用途で使用されていて、その需要も多い。例えば、家具、建材、水道管およびボンベ類などである。これらの部材は、材質的には特に厳しいものではないが、構造部材的な意味合いを持つ部品として使用されるため、概ね 340 MPa 以上の引張強度 (TS) が要求されていて、必要強度レベルに応じて、Cu, Ni, Cr, Mo, Nb, Ti, V および B 等を適量含有させた C-Mn 鋼が用いられている。

【0003】 従来、熱延鋼板では、厚みが 1.4mm を超えるものがほとんどであり、しかも板厚が 1.4mm 程度のも

つたため、このような分野では冷延鋼板が広く用いられてきた。しかしながら、冷延鋼板では、熱間圧延後、製造プロセスとして、酸洗、冷間圧延、焼鈍というプロセスが不可避であるため、製品価格の増加が避けられなかった。従って、このような冷延鋼板に代わる熱延鋼板の開発が望まれていた。

【0004】 冷延鋼板に代替できる熱延鋼板を製造するためには、高精度な断面形状・寸法制御技術および鋼板の長手方向および幅方向に均一な材質を付与する材質制御技術が不可欠である。近年の熱間圧延技術において、形状・寸法制御は、ペアクロスミルを採用することにより高精度の制御を実施できるようになってきている。また、材質の均一性についても圧延時の鋼板温度制御技術のレベルアップである程度は対処可能となっている。さらに、形状・寸法制御および鋼板温度制御を、被圧延材の先端から尾端まで安定して実施するために、例えば特開平 9-296252 号公報に記載されているような、仕上げ圧延機の入側で先行するシートバーと後行するシートバーとを接合し、連続的に仕上げ圧延することにより、先端および尾端についても鋼板に張力を付与した状態で安定して圧延を実施できる技術が開発されている。これらの技術により、熱延鋼板においても、形状・寸法制御および材質制御を高精度で実施できるようになりつつある。

【0005】 しかしながら、従来の C-Mn 鋼で、板厚が 1.4mm 以下で板幅が 900mm を超えるような薄物広幅のものを熱間圧延しようとする、圧延時における圧延負荷の増大を招く。そのため、かかる圧延負荷が圧延機的能力を超えてしまうような場合には、製造不可能である。また、圧延機的能力範囲内で圧延できるようにしても、圧延荷重が大きい場合には、上記した形状・寸法制御における制御出力が大きくなることから、形状・寸法精度が良好なものを製造することが困難となる。圧延荷重の低減を図るには、ワークロールの小径化が考えられるが、この場合には、ロール原単位の増大およびそれに伴うコストアップ等が新たに問題となる。

【0006】 また、鋼の純度を上げることによって、熱間変形抵抗を低下させ、圧延荷重を低減させることが考えられるが、むやみに鋼の純度を上げると必要な強度レベル (引張強度 TS で 340 MPa 以上) が得られなくなるので、熱間圧延時の変形抵抗を低下させる手法にも限界があった。以上の理由で、板厚 : 1.4 mm 以下、板幅 : 900 mm 以上で、引張強度 TS が 340 MPa 以上である熱延鋼板を、冷延鋼板と代替可能なレベルの形状・寸法精度で製造することは困難であった。

【0007】 また、上記した鋼板温度制御においては、仕上げ圧延機とその下流の巻取機との間 (一般にホットランテーブルと称する) での鋼板冷却が重要であるが、形状が平坦でない鋼板を冷却すると冷却速度の均一化が達成できず、結果として材質の均一性が悪化するという

問題もあった。このようなことから、要求材質のレベルそのものは比較的低いにもかかわらず、薄物で広幅の熱延鋼板を、工業的に安価に、しかも安定して製造し得る技術は現在までのところ開発されていない。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上記の実情に鑑み開発されたもので、一般の広い用途で使用される薄物(1.4mm以下)でしかも広幅(900mm以上)の熱延鋼板の製造を可能にしたものであり、これにより現在冷延鋼板が使われている用途において熱延鋼板への代替が可能となる。

【0009】

【課題を解決するための手段】さて、発明者らは、上記の問題を解決すべく、成分組成および製造条件を種々に変更して鋼板を製造し、多くの材質評価試験を行った。その結果、従来、このような加工性が要求される分野では積極的に利用されることのなかった窒素を強化元素として活用し、従来強化元素として用いられていたCu, Ni, Cr, Mo, Nb, Ti, VおよびB等を含有させないようにして、熱間変形抵抗を低減することで、薄物広幅の熱延鋼板の製造が可能となり、また圧延後の製品としての十分な加工性と強度を兼ね備えた薄物広幅熱延鋼板を有利に製造し得ることの知見を得た。換言すると、Nを添加することによって、鋼板の熱間変形抵抗を増加させることなしに、製品の室温における強度を効果的に向上させ得ることが見出されたのである。

【0010】また、Nを強化元素として用いた場合、従来のC-Mn鋼に比べて、製品の塗装焼付時における硬化量が大きくなり、有効な強度レベルの増加が達成できることから、鋼板の強度を維持する上でも有利であることが併せて究明された。本発明は、上記の知見に立脚するものである。

【0011】すなわち、本発明は、C:0.10wt%以下、Si:0.10wt%以下、Mn:0.8 wt%以下、P:0.04wt%以下、S:0.02wt%以下、Al:0.150 wt%以下、N:0.0050~0.0200wt%でかつ、固溶状態としてのNが0.0030wt%以上を含有し、残部はFeおよび不可避免の不純物の組成になり、板厚が1.4mm以下で、TSが340 MPa以上であることを特徴とする薄物熱延鋼板である。

【0012】また、本発明は、C:0.10wt%以下、Si:0.10wt%以下、Mn:0.8 wt%以下、P:0.04wt%以下、S:0.02wt%以下、Al:0.150 wt%以下、N:0.0050~0.0200wt%を含み、残部はFeおよび不可避免の不純物の組成になる鋼スラブを、1000℃以上に加熱したのち、仕上げ圧延出側温度:800℃以上の条件下で板厚:1.4 mm以下に熱間圧延し、仕上げ圧延終了後2秒以内に冷却を開始して、400℃以上の温度で巻取ることとを特徴とする薄物熱延鋼板の製造方法である。

【0013】本発明においては、不可避免の不純物元素のうちCu, Ni, Cr, Moを合計で0.2wt%以下、Nb, Ti,

V, Bを合計で0.01wt%以下に抑制することが好ましい。

【0014】また、本発明では、材質的に、30%以上の伸びと、30 MPa以上の焼付硬化性を備えることが好ましい。

【0015】さらに、本発明鋼の製造に際し、鋼板の形状・寸法精度を向上させるためには、現在、一部で実用化されている、仕上げ圧延機の入側で先行するシートバーと後行のシートバーを接合して連続的に仕上げ圧延を行ういわゆる連続圧延技術の適用が極めて有効である。ここに、鋼板の形状としては、板クラウン(幅方向25mm位置と中央位置との板厚差)を30μm以下とすることが好ましい。

【0016】また、仕上げ圧延機入側で、被圧延材(シートバー)の幅方向端部を加熱するエッジヒーターを用いて被圧延材の温度を幅方向に均一化することは、材質均一化の面で有利である。さらに、被圧延材の長手方向端部についても温度が低下し易いので、仕上げ圧延機の入側で被圧延材の全幅にわたって加熱できる加熱装置(以下シートバーヒーターと称する)により、長手方向端部の温度低下部分について加熱して、被圧延材の長手方向温度分布を均一にすることが好ましい。また、前記のような接合を行った後に圧延する際に、接合装置の入側においてシートバーをコイル状に巻取る場合があるが、この場合には特にコイルの最外巻部および最内巻部で温度が低下し易いので、かようなシートバーヒーターを用いることが好ましい。

【0017】その他、圧延後の冷却において、エッジ部の過冷却を防止するために幅方向両端部に冷却水のマスクングを行なう技術も材質均一化の観点からは重要な技術の一つである。なお、本発明の薄物熱延鋼板は、酸洗板として用いても良いし、表面に酸化鉄の皮膜が存在する状態いわゆる黒皮ままで用いても良い。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、本発明を具体的に説明する。まず、本発明において、鋼材の成分組成を前記の範囲に限定した理由について説明する。

C:0.10wt%以下

C量が0.10wt%を超えると、鋼中の炭化物量が増加することに起因して鋼板の延性が悪化するため成形性の観点から好ましくない。しかも、さらに重要な問題として、C量が0.10wt%を超えると熱間圧延の際に圧延荷重が顕著に増大する現象が確認された。本発明で目的とする薄物の熱延鋼板の製造に当たっては、変形抵抗の増加は最も有害な現象であるので、このような弊害をもたらすような事態は極力避ける必要がある。また溶接性なども悪化する。従って、C量は0.10wt%以下とするが、成形性の向上という観点からは0.08wt%以下とするのがさらに好適である。

【0019】Si:0.10wt%以下

Siは、鋼の熱間変形抵抗を顕著に増大させる元素であり、できるだけ低減することが望ましい。また、表面性状の改善という観点からも低減することが望ましい。上記の観点からSi量は0.10wt%以下とした。より好ましくは0.050wt%以下である。

【0020】Mn：0.8 wt%以下

Mnは、Sによる熱間割れを防止するのに有効な元素であり、含有するS量に応じて含有させる必要がある。またMnは、結晶粒を微細化する効果があり、材質を向上させる上でも有用である。しかしながら、Mnを多量に添加すると、詳細な機構は不明であるが、鋼板の熱間変形抵抗の増加を招き好ましくない。また、溶接性および溶接部の成形性も悪化する傾向にある。以上のことから、Mnについてはその上限を0.8wt%とした。より良好な耐食性と成形性が要求される用途では0.50wt%以下とすることが望ましい。

【0021】P：0.04wt%以下

Pは、多量に含有されると、鋼を著しく硬質化させ、特に鋼板の伸びフランジ加工性を悪化させる。また、鋼中において偏析する傾向が強いため、それに起因した溶接部の脆化が生じる。以上のことから、Pについては、その上限を0.04wt%とした。特にこれらの特性が重要視される場合には0.02wt%以下とすることが好ましい。

【0022】S：0.02wt%以下

Sは、介在物として存在し、鋼板の延性を低下させるだけでなく、耐食性を劣化させるので、極力低減することが望ましいが、含有量が0.02wt%以下の範囲で許容できる。特に良好な加工性が要求される用途においては0.015wt%以下とすることが望ましい。

【0023】Al：0.150 wt%以下

Alは、鋼の脱酸元素として添加され、鋼の清浄度を向上させるのに有効に寄与するだけでなく、鋼の組織微細化のためにも有用な元素である。本発明では、固溶状態のNを強化元素として利用するが、適正範囲のAlを添加したアルミキルド鋼のほうが、Alを添加しない従来のリムド鋼よりも、機械的性質が優れている。一方、Al含有量が多くなると表面性状の悪化、固溶Nの顕著な低下につながり、必要最低限の引張強度である340 MPaを確保することが困難となる。これらの点を勘案してAl量の上限は0.150wt%とした。材質の安定性という観点からは0.010～0.080 wt%程度が望ましい。

【0024】N：0.0050～0.0200wt%でかつ、固溶状態としてのNが0.0030wt%以上

Nは、本発明において最も重要な添加元素である。すなわち、適正量のNを添加した上で、製造条件を最適化することによって、適正量の固溶Nを確保することができ、このNの固溶強化効果により目標とする340 MPa以上のTSを安定して得ることができる。また、Nは、鋼の変態点を降下させる効果もあり、薄物で変態点を大きく割り込んだ圧延をしたくないという状況下ではその添

加はより有効である。さらに、本発明鋼の適用範囲を考えた場合には、成形後の塗装・焼き付けにより、または単なる自然時効によっても鋼板の強度が増加する傾向にあることが望ましいが、Nの添加によってこのような強度上昇効果（一種の歪み時効硬化と考えられる）を得ることができる。

【0025】含有量としては、概ね50ppm以上の添加によって、このような効果が安定して得られる。しかしながら、0.0200wt%を超えて添加した場合には鋼板の内部欠陥または表面欠陥の発生率が高くなるだけでなく、連続製造時におけるスラブ割れ等の発生も顕著となるので、その上限は0.0200wt%に制限した。製造工程全体を考慮した材質の安定性・歩留り向上という観点からは、0.0070～0.0170wt%の範囲がさらに好適である。なお、Nを添加しても、本発明の範囲であればスポット溶接、アーク溶接およびレーザ溶接等の溶接性に悪影響を及ぼすことはない。

【0026】また、鋼板の強度が十分に確保され、しかもNによる歪み時効硬化が有効に発揮されるには、固溶状態のNは0.0030wt%以上とすることが必要である。なお、ここで固溶N量は、鋼中の全N量から析出N（臭素エステルによる溶解法で求める）を差し引いた値とする。これは、析出Nの分析法について、種々の方法を検討した結果、上記した臭素エステルによる溶解を利用する方法が最も良好で、材質の変化と的確に対応したことに基づく。また、この分析法で得られた値が、内部摩擦法等で測定した値と整合していることも確認した。

【0027】さらに、鋼中に不可避免的に混入してくる不純物元素のうち、特に以下に述べる元素を所定レベル以下に抑制することは有利である。

(Cu+Ni+Cr+Mo)：0.2 wt%以下、(Nb+Ti+V+B)：0.01wt%以下

これらの元素が含有されると、鋼板の製品としての強度は高まるが、同時に鋼板を熱間圧延する際の変形抵抗が著しく増加する。また、化成処理性およびより広義の表面処理特性の悪化が顕著となり、さらには溶接部の硬化に由来する溶接部成形性の低下も顕著となる。それ故、これらの元素は上記の範囲に抑制することが好ましい。これらは単独でも複合して含有される場合でも同様の挙動を示すので、熱間変形抵抗に及ぼす実験式に基づいて2つのグループに分類し、各々の合計量について上限を設定した。

【0028】次に、本発明において、鋼板の板厚を前記の範囲に限定した理由および鋼板に必要な機械的性質について説明する。

鋼板の厚み：1.4 mm以下

本発明の効果は、鋼板が厚い場合でも発揮されるけれども、1.4 mmを超える鋼板の場合は塑性加工（圧延加工）の面で変形抵抗に関する規制がそれほど厳しくない。すなわち、C、Mnなどの元素を通常の範囲で添加しても、

問題なく製造することが可能であり、本発明の寄与するところが小さい。従って、本発明では板厚は1.4 mm以下とした。

【0029】引張強さ(TS)：340 MPa 以上

引張強度は、概ね 340 MPa程度以上ないと、冷延鋼板の代替を含め広範囲に適用することが難しい。これは、適用しようとする部品類が何らかの構造部材的な面を持っているためである。さらに適用範囲を広げるには、370 MPa 以上の引張強さを有することが望ましい。

【0030】また、本発明では、材質的に伸びおよび焼付硬化性についても、以下に述べるように、良好な特性値を得ることができる。

伸び：30%以上

鋼板の伸びは、通常の JIS 5 号引張試験片で測定するものとするが、異なった試験片形状・寸法であっても通常行われているように、これらとの換算式により換算することができる。この鋼板の伸びが30%程度ないと、目標とする冷延鋼板の代替という項目を達成することが難しくなる。従って、伸びは30%以上とすることが好ましく、さらに望ましくは35%以上である。なお、これらの材質については、鋼板の長手方向および幅方向で均一になるようにすることが好ましく、長手方向および幅方向の複数点についての引張強度および伸びの標準偏差 σ がそれぞれ20 MPa以下、2%以下となるようにすることが望ましい。

【0031】焼付硬化量：30 MPa以上

本発明鋼においては、焼付硬化量は、無歪み(付加歪みゼロ)から5%の引張り歪みを付加した後に170℃にて20分間時効したのちの降伏応力の増加量で規定する。この値が概ね30MPa以上あると実際に部品として使われる場合に有効な強度上昇として現れ、鋼板の薄肉化を達成することができる。より望ましい硬化量は40 MPa 以上である。なお、本発明鋼では、従来の低炭素鋼とは異なり、特に加熱による加速時効処理(人工的な時効)を行わないでも、成形後に室温で放置しておくだけでも、強度の増加を期待することができ、完全な時効の概ね70%程度は最低限見込むことができる。

【0032】また、鋼板のクラウン(鋼板端部から25mm位置と中央部との板厚差)は30 μ m以下とすることが望ましい。というのは、冷延鋼板の代替として、その適用可能範囲を広くするためには、板厚に依存するにしても、板クラウンを概ね30 μ m 以下とする必要があるからである。より望ましくは20 μ m 以下である。

【0033】さらに、鋼板の形状が平坦でないと、例えば造管等、種々の加工を行う際に、生産ライン上で突っかかり等の通板トラブルを引き起こしたり、またすり疵等が生じたりする。従って、鋼板の形状に関しては、鋼板の波高さが20mm以下の範囲とすることが好ましい。なお、波高さの測定は、日本鉄鋼連盟規格に準拠して行うもので、定盤上で波高さを判定する。

【0034】次に、本発明の製造方法について具体的に説明する。スラブは、成分のマクロな偏析を防止する上で連続鋳造法で製造することが望ましいが、造塊法、薄スラブ鋳造法によっても可能である。また、スラブを製造したのち、一旦室温まで冷却し、その後再度加熱する従来法の他、冷却しないで、温片のままで加熱炉に装入する、あるいはわずかの保熱を行ったのち、直ちに圧延する直送圧延・直接圧延などの省エネルギープロセスも問題なく適用できる。特に固溶状態のNを有効に確保するには直送圧延は有用な技術の一つである。

【0035】熱延条件については以下のように規定される。

スラブ加熱温度：1000℃以上

スラブ加熱温度は、初期状態として固溶状態のNを確保するという観点から下限が規定される。上限は特に規制されないが、酸化重量の増加に伴うロスを考慮すると1280℃以下とすることが望ましい。

【0036】熱延時の仕上げ圧延温度：800℃以上

仕上げ圧延温度を800℃以上とし、後述する熱間圧延後の冷却を実施することにより、均一で微細な熱延板組織を得ることができ、用途上、問題なく使用することができる。しかしながら、仕上げ圧延温度が800℃を下回ると、鋼板の組織が不均一になり、一部加工組織が残留したりして、プレス成形時に種々の不具合が発生する危険性が增大する。また、これより低い仕上げ圧延温度の場合に加工組織の残留を回避すべく高い巻取り温度を採用しても、この場合は粗大粒の発生に伴う強度の顕著な低下を生じ、また固溶Nの顕著な低下も生じるため、目標とする340 MPaの引張強度を得ることが難しくなる。したがって、仕上げ圧延温度は800℃以上とした。特に、機械的性質を向上させるためには820℃以上とすることが好ましい。

【0037】巻取り温度：400℃以上

巻取り温度を低下させると、強度は増加する傾向にある。しかしながら、400℃を下回ると鋼板の形状が顕著に乱れだし、実際の使用に当たって不具合が生じる危険性が增大する。また、材質の均一性も低下する傾向にあり望ましくない。従って、熱延巻取り温度は400℃以上とした。より高い材質均一性が要求される場合には450℃以上とすることが望ましい。

【0038】熱間圧延終了後の冷却

熱延終了後、直ちに水冷を開始し、しかも通常よりも低い熱伝達係数のいわゆる緩冷却を適用することが、平坦な形状を維持し、かつ材質の均一性を確保する上で有効である。また、仕上げ圧延終了後、2秒以内に水冷を開始することが、最終製品の強度と焼付硬化性を得る上で必要である。というのは、圧延後は圧延歪により、窒化アルミの析出が促進される傾向にあるが、圧延終了後できるだけ速く冷却して高温域にある時間を短くすることによってこの現象を防止でき、有効に固溶状態のNを確

保することができるからである。また熱延板の微細化で最終製品組織の微細化も達成される。

【0039】冷却時における熱伝達係数については、450～800 W/m²・K の範囲とすることが好ましい。というのは、熱伝達係数が450 W/m²・K に満たないと窒化アルミの析出量が多くなって固溶状態のNの確保が困難となり、一方、熱伝達係数が800W/m²・K を超えると鋼板の幅方向の冷却速度の差が大きくなり、鋼板形状が劣化するだけでなく、局所的な過冷却が生じるため材質の均一性を確保することが難しくなるからである。

【0040】調質圧延圧下率：5%以下

熱延鋼板の調質圧延（スキンプラス圧延）は、降伏点伸びの抑制または軽減のためと、表面粗度等を調整するために行うことが好ましい。また、詳細な機構は不明であるが、重要な特性の1つである原板の形状性を改善する上でも有用である。しかしながら、5%を超える強度の加工を行うと延性の悪化を招き、適用可能な用途が限定されてしまうので、圧下率は5%以下とすることが好ましい。

【0041】次に、補助的に適用することが望ましい製造条件について述べる。まず、仕上げ圧延機の入側で先行材と後行材とを接合して連続的に仕上げ圧延を行う連続仕上げ圧延とすることが望ましい。このように先行材と後行材とを連続して圧延することにより、被圧延材の先端部および後端部のいわゆる圧延の非定常部がなくなるため、安定した熱間圧延が被圧延材の全長および全幅にわたって達成可能となる。そして、このような圧延は、鋼板断面の形状および寸法を改善する上でも極めて有効である。そのため、全長にわたって鋼板形状を平坦にすることが可能となり、ホットランテーブル上で圧延後の鋼板を冷却する際に、長手方向および幅方向で均一な冷却条件が得やすくなる。従って、均一な材質を得る上で有利である。

【0042】なお、仕上げ圧延機の入側における接合法については、特に規制条件はなく、圧接法でも、レーザー溶接法、電子ビーム溶接法でもまたその他の接合法でもまったく同様に適用することができる。また、連続圧延を行うことで、被圧延材の先端を安定して通板できるため、通常のバッチ圧延では通板性および噛込み性の観点から適用することが難しかった低摩擦係数での熱間圧延すなわち潤滑剤を多量に使用した熱間圧延を実施することが可能となり、圧延荷重を低減することができる＊

＊と同時にロールの面圧をも低減できるので、ロールの寿命延長が可能となる。以上のことから、薄物熱延鋼板においては、先行材と後行材とを連続的に仕上げ圧延することが極めて有効である。

【0043】また、仕上げ圧延機の入側で、被圧延材の幅方向端部を加熱するエッジヒーターを用いることは、被圧延材の温度を幅方向で均一にする上で有利である。本発明においては、圧延時およびホットランテーブル上での冷却時における鋼板温度の均一性が重要であるため、特に温度が低下し易い幅方向端部を仕上げ圧延機の入側において加熱して、鋼板温度の幅方向分布を均一にすることが好ましい。

【0044】また、被圧延材の長手方向端部についても温度が低下し易いので、仕上げ圧延機の入側でシートバーヒーターにより、長手方向端部の温度低下部分について加熱して、被圧延材の長手方向温度分布を均一にすることが好ましい。なお、上記したような接合を行った後に圧延する際に、接合装置の入側でシートバーをコイル状に巻取する場合があるが、この場合には特にコイルの最外巻部および最内巻部で温度が低下し易いので、かようなシートバーヒーターを用いることがとりわけ有利である。

【0045】上記したようなエッジヒーターやシートバーヒーターを用いて被圧延材を加熱する場合の加熱量は、最終的な仕上げ圧延での温度差が20℃以下となるような条件が推奨されるが、この温度差は鋼組成等によって多少変化する。また、先行材と後行材とを接合して仕上げ圧延する連続圧延技術やエッジヒーター、シートバーヒーターによるシートバー加熱を併用することにより、材質の均一性の一層の向上を図ることができる。

【0046】

【実施例】実施例1

表1に示す成分組成になる鋼スラブを、表2に示す条件で熱間圧延し、板厚：1.2 mm、板幅：1000mmの熱延鋼板に仕上げた。得られた熱延鋼板の引張特性および焼付硬化性について調査した結果を表3に示す。この際、引張特性はJIS 5号試験片を使用した。また、焼付硬化量は2%予歪みで170℃にて20分の標準的な時効条件とした。

【0047】

【表1】

No.	C	Si	Mn	P	S	Al	N	その他	備考
1	0.045	0.005	0.24	0.012	0.009	0.023	0.0106	*)	発明例
2	0.055	0.003	0.15	0.005	0.005	0.045	0.0115	*)	"
3	0.025	0.012	0.45	0.006	0.008	0.019	0.0085	*)	"
4	0.025	<u>0.11</u>	0.10	0.011	0.009	0.021	<u>0.0022</u>	Cu: 0.15 Ni: 0.15	比較例
5	0.045	0.012	0.15	0.008	0.008	0.030	<u>0.0025</u>	Nb: 0.008 Ti: 0.012	"
6	0.050	0.004	0.15	0.005	0.013	0.045	<u>0.0021</u>	*)	"
7	0.044	0.004	0.25	0.010	0.008	0.025	0.0051	*)	発明例
8	0.047	0.005	0.22	0.011	0.009	0.021	0.0195	*)	"
9	0.046	0.004	0.23	0.012	0.008	0.022	0.0166	*)	"
10	0.046	0.005	0.25	0.011	0.008	0.025	<u>0.0214</u>	*)	比較例
11	0.045	0.005	0.24	0.012	0.009	0.023	0.0106	**)	発明例
12	0.045	0.005	0.24	0.012	0.009	0.023	0.0106	***)	"

*) $(\text{Cu} + \text{Ni} + \text{Cr} + \text{Mo}) < 0.2$ かつ $(\text{Nb} + \text{Ti} + \text{V} + \text{B}) < 0.01$
 **) $(\text{Cu} + \text{Ni} + \text{Cr} + \text{Mo}) = 0.3$ かつ $(\text{Nb} + \text{Ti} + \text{V} + \text{B}) < 0.01$
 ***) $(\text{Cu} + \text{Ni} + \text{Cr} + \text{Mo}) < 0.2$ かつ $(\text{Nb} + \text{Ti} + \text{V} + \text{B}) = 0.02$

【0048】

* 【0049】

【表2】

* 【表3】

加熱温度 (°C)	仕上圧延温度 (°C)	熱延巻取温度 (°C)	熱延板厚み (mm)
1180	845	550 *	1.2

*) 熱延終了後、0.2~1.5秒で水冷開始とし、
この時の熱伝達係数は $400 \sim 600 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ とした。

No.	固溶N (ppm)	YS (MPa)	TS (MPa)	伸びB1 (%)	BH (MPa)	その他	備考
1	75	284	391	37	78	—	発明例
2	41	275	380	40	62	—	"
3	39	265	357	41	51	—	"
4	<u>15</u>	255	365	39	22	圧延荷重が15%上昇	比較例
5	<u>5</u>	295	395	32	22	圧延荷重が20%上昇	"
6	<u>7</u>	222	<u>327</u>	39	25	—	"
7	35	275	361	42	55	—	発明例
8	80	270	421	37	80	—	"
9	75	280	415	38	75	—	"
10	100	295	420	22	75	表面に 70-80 散発	比較例
11	75	294	420	35	35	圧延荷重が10%上昇	発明例
12	70	290	415	35	35	圧延荷重が10%上昇	"

【0050】表3から明らかなように、本発明に従い得られた熱延鋼板はいずれも、 $\text{TS} \geq 357 \text{ MPa}$ 、 $\text{E1} \geq 37\%$ 、 $\text{BH} \geq 51 \text{ MPa}$ という優れた特性値を示した。また、かかる特性値は、鋼板の長手方向および幅方向でほとんど変化せず、材質および形状ともに均一であり、さらに板クラウンも $30 \mu\text{m}$ 以下に制御可能であることが確認さ

れた。また、Cu, Ni, Cr, Moの合計量が0.3wt%と多いもの(No.11)およびNb, Ti, V, Bの合計量が0.02wt%と多いもの(No.12)は、圧延荷重がNo.1に比べて10%程度上昇し、このため板クラウンがNo.1~3やNo.7~9に比較して $10 \mu\text{m}$ 程度大きくなる傾向が見られた。なお、No.2, 3, 7~9 についての圧延荷重はNo.1に対し $\pm 5\%$

以内であった。

【0051】これに対し、Cu、NiおよびNb、Tiを添加して鋼板の強度増加を狙ったもの(No. 4, 5)は、強度の増加は達成されたものの、圧延荷重がNo. 1に比較して15~20%増加し、形状が乱れただけでなく板厚が目標値から外れる割合が急増した。また、圧延荷重が増加したため、圧延機の板クラウン制御手段(具体的には、ワークロールベンダー圧制御手段およびロールクロス角制御手段)の制御能力が追いつかず、板クラウンも50 μ m程度に増加した。このため、実用に供することができなかつた。さらに、N含有量が本発明の上限を超えるNo. 10は、鋼板表面にブローホールと呼ばれる欠陥が発生した。なお、同じ鋼板を用いて、特に酸洗を行わない条件でも引張特性について調査したが、酸洗を行ったものと比較して顕著な差異は認められなかった。

【0052】実施例2

C: 0.041 wt%, Si: 0.005 wt%, Mn: 0.15wt%, P: 0.009 wt%, S: 0.005 wt%, Al: 0.039 wt%およびN: 0.0116wt%を含み、残部は実質的にFeの組成になる鋼スラブを素材とし、製造条件を表4に示すように種々に変化させて固溶N量を幅広く変化させ、最終的に板厚: 1.0 mm、板幅: 1000mmの熱延鋼板を製造した。熱間圧延に際し、No. 1~6、No. 9~12については、25mm厚に*

*粗圧延したシートバーについて、先行材の尾端と後行材の先端とを加熱し溶融圧接する方法にて接合し、連続的にタンデム仕上げ圧延を行った。一方、No. 1~4、No. 6、No. 9~10、No. 12~13については、仕上げ圧延機入側にてエッジヒーターを用いて幅端部の加熱を行った後に仕上げ圧延を行った。また、No. 1~5、No. 9~10、No. 12~13については、エッジヒーター入側でシートバーヒーターを用いてシートバーの先尾端の温度低下部分の加熱を行った。得られた熱延鋼板の引張特性、板クラウン、形状および材質の均一性について調査した結果を表4に併記する。

【0053】ここで、板クラウンおよび形状については、鋼板の長手方向中央位置よりサンプルを採取して測定した。板クラウンは、幅端から25mm糸と幅中央位置での板厚差を測定し、また形状については、前述した波高さを測定することによって評価した。また、材質の均一性については、鋼板の長手方向3点(先端から15m位置、長手方向中央位置、尾端から15m位置)、幅方向5点(両端部からそれぞれ25mm位置および100 mm位置、幅中央位置)より、合計15本の引張試験片を採取し、これら15本の引張強度値の標準偏差 σ を求めて評価した。

【0054】

【表4】

No.	加熱温度 ($^{\circ}$ C)	仕上げ圧 延温度 ($^{\circ}$ C)	熱延巻取 り温度 ($^{\circ}$ C)	圧延終了後、 冷延開始までの 時間(秒)	冷延時の 熱伝達係数 ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$)	連続圧延 の実施の 有無	シートバー ヒーター、 エッジヒーター	固溶N量 (ppm)	降伏強度 YS (MPa)	引張強度 TS (MPa)	伸び E1 (%)	板クラウン (μ m)	形状 (mm)	材質 均一性 (MPa)	備考
1	1180	845	510	0.5	450~600	有り	使用	70	265	390	40	25	10	10	発明例
2	1160	860	640	0.2	450~600	有り	使用	65	245	375	41	25	10	9	"
3	1120	830	580	0.3	500~750	有り	使用	60	255	355	42	26	10	8	"
4	1200	835	450	0.5	500~700	有り	使用	85	285	415	35	27	10	10	"
5	1130	845	580	0.1	450~600	有り	*)	55	259	350	40	25	15	12	"
6	1090	825	560	0.2	450~600	有り	**)	49	248	345	39	25	13	13	"
7	1160	865	680	0.2	450~600	なし	なし	68	250	370	41	23	17	16	"
8	950	760	670	0.2	450~600	なし	なし	5	210	335	32	51	30	30	比較例
9	1020	790	650	0.2	450~600	有り	使用	8	210	338	33	49	25	28	"
10	1180	845	670	3.0	450~600	有り	使用	10	265	390	35	25	10	10	"
11	1180	850	390	0.5	450~600	有り	なし	70	270	425	25	30	30	25	"
12	1180	845	510	0.5	850~1000	有り	使用	75	280	415	35	26	20	20	発明例
13	1180	845	510	0.5	450~600	なし	使用	70	270	425	35	30	15	15	"

供試鋼: 0.041C-0.005Si-0.15Mn-0.009P-0.005S-0.038Al-0.0116N

仕上げ圧延機入側にてシートバーを接合し、連続的にタンデム熱延を実施

シートバーヒーター、シートバーエッジヒーター使用

*) シートバーヒーターのみ使用

**) シートバーエッジヒーターのみ使用

【0055】表4に示したとおり、本発明に従い得られた熱延鋼板(No. 1~7、No. 12~13)はいずれも、TS \geq 345 MPa、E1 \geq 35%という優れた引張特性値を示した。また、これらの鋼板はいずれも、板クラウンは22~28 μ mの範囲であり、形状および材質均一性についても良好であった。これに対し、製造条件が本発明の適正範囲から逸脱した比較例(No. 8~11)は、発明例に比べると、引張強度、板クラウン、形状および材質均一性のいずれかが劣っていた。そして、実際の使用上の特性を比

較するために、1.0 mm厚の冷延焼鈍材と共に小径の電縫管を作製したが、No. 1~7の熱延鋼板については、冷延焼鈍材と同様に全く問題なく製造することができた。

【0056】

【発明の効果】かくして、本発明によれば、冷延鋼板の代替となり得る薄物・広幅の熱延鋼板を安定して提供することができる。すなわち、本発明に従う熱延鋼板は、化学組成、熱延条件を適正化し、最終の製品段階において固溶Nを十分な量、確保することによって、強度を増

加させ、またNによる歪み時効硬化も利用して、十分な強度を確保することができ、またその際、Nの添加が他の合金元素と異なり熱間の変形抵抗を上げることもないので、ただでさえ変形抵抗が増大する薄物広幅の熱間圧延においても十分に対応することができ、工業的に極め*

*で重要である。また、この変形抵抗を増大させないという特性は、鋼板の形状・寸法を高い精度で保証するという観点からも極めて重要である。さらに、本発明には、酸洗を行うことなく、表面のスケール相を利用する用途にも問題なく適用できるという利点もある。

フロントページの続き

(72)発明者 内山 貴夫

千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川崎製
鉄株式会社技術研究所内

※

※Fターム(参考) 4K037 EA01 EA04 EA05 EA15 EA18
EA23 EA25 EA27 FA02 FA03
FC03 FC04 FE01 FE02 FE03